



04-13-04

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Michael Cujé et al.

Serial No.: 10/734,707

Filing Date: December 11, 2003

Title: Method to Compensate for a Step DC
Disturbance in a Digital Baseband
Signal in a Homodyne Radio Receiver

§
§
§
§
§
§
§
§
§
§
§

Group Art Unit: 2631

Examiner:

Attny. Docket No. 068758.0147

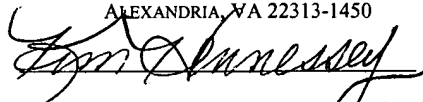
Client Ref.: IO277US/LG/pp

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING VIA EXPRESS MAIL

PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.10, I HEREBY CERTIFY THAT I HAVE INFORMATION AND A REASONABLE BASIS FOR BELIEF THAT THIS CORRESPONDENCE WILL BE DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE, ON THE DATE BELOW, AND IS ADDRESSED TO:

MAIL STOP
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450



EXPRESS MAIL LABEL: EV449863501US
DATE OF MAILING: APRIL 12, 2004

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Dear Sir:

We enclose herewith a certified copy of German patent application DE 101 28 236.2 which is the priority document for the above-referenced patent application.

Respectfully submitted,

BAKER BOTTS L.L.P. (023640)

By: 

Andreas H. Grubert

(Limited recognition 37 C.F.R. §10.9)

One Shell Plaza

910 Louisiana Street

Houston, Texas 77002-4995

Telephone: 713.229.1964

Facsimile: 713.229.7764

AGENT FOR APPLICANTS

Date: April 12, 2004



**BEFORE THE OFFICE OF ENROLLMENT AND DISCIPLINE
UNITED STATE PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

LIMITED RECOGNITION UNDER 37 CFR § 10.9(b)

Mr. Andreas Horst Lothar Grubert is hereby given limited recognition under 37 CFR §10.9(b) as an employee of Baker Botts LLP, to prepare and prosecute patent applications for clients of Baker Botts LLP in which a member of Baker Botts LLP is the attorney of record. This limited recognition shall expire on the date appearing below, or when whichever of the following events first occurs prior to the date appearing below: (i) Mr. Andreas Horst Lothar Grubert ceases to lawfully reside in the United States, (ii) Mr. Andreas Horst Lothar Grubert's employment with Baker Botts LLP ceases or is terminated, or (iii) Mr. Andreas Horst Lothar Grubert ceases to remain or reside in the United States on an H-1B visa.

This document constitutes proof of such recognition. The original of this document is on file in the Office of Enrollment and Discipline of the U.S. Patent and Trademark Office.

Expires: June 30, 2004

Harry I. Moatz
Director of Enrollment and Discipline

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 28 236.2

Anmeldetag: 11. Juni 2001

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, 81669 München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Kompensation einer stufenförmigen
DC-Störung in einem digitalen Basisbandsignal eines
Homodyn-Funkempfängers

IPC: H 04 B 1/30

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Beschreibung

Verfahren zur Kompensation einer stufenförmigen DC-Störung in einem digitalen Basisbandsignal eines Homodyn-Funkempfängers

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kompensation einer stufenförmigen DC-Störung in einem digitalen Basisbandsignal eines Homodyn-Funkempfängers, insbesondere Homodyn-Mobilfunkempfängers.

10

In den letzten Jahren haben homodyne Mobilfunkempfänger immer mehr an Bedeutung gewonnen. Da homodyne Mobilfunkempfänger keine Zwischenfrequenzstufe aufweisen, kann eine höhere Integration auf dem Chip erreicht werden, wodurch sich die Kosten des Mobilfunkempfängers reduzieren.

15

Das Hauptproblem der homodynen Empfänger-Architektur besteht darin, dass aufgrund von Nichtlinearitäten im Hochfrequenz-(HF-)Empfänger Gleichanteile im Quadratur-demodulierten Signal am Ausgang der Mischerstufe auftreten, welche die Empfangsqualität des Mobilfunkempfängers beeinträchtigen. Diese Gleichanteile werden im folgenden gemäß üblichem Sprachgebrauch als DC-(Direct Current-)Offset bezeichnet. Der DC-Offset muss bei der Basisband-Signalbearbeitung korrigiert werden, da er die Entzerrung des Empfangssignals beeinträchtigt und zu einer erhöhten Bitfehlerrate im Empfänger führt.

20

25

30

35

In homodynen Basisband-Empfängern wird üblicherweise der DC-Offset innerhalb eines Bursts als konstant angenommen, geschätzt, und vor der Entzerrung des Basisbandsignals aus diesem beseitigt. Schwierigkeiten ergeben sich bei diesen Verfahren dann, wenn innerhalb eines Bursts eine relativ große, stufenförmige Änderung des DC-Offsets auftritt. In diesem Fall liefert die Schätzung des DC-Offsets über einen Burst einen Mittelwert, der weder dem DC-Offset vor der stufenförmigen Änderung noch dem DC-Offset hinter der stufenförmigen Änderung entspricht. Dies hat eine schlechte Entzerrung die-

ses Bursts zur Folge und wirkt sich somit nachteilig auf die erreichbare Signalqualität aus.

5 In den U.S.-Patentschriften 6,115,593 und 6,148,047 werden analoge Schaltungskonzepte zur DC-Offset-Kompensation in einem homodynem Empfänger vorgestellt.

10 In der europäischen Patentanmeldung EP 0 594 894 A1 wird ein Verfahren zur Offset-Korrektur in einem TDMA-(Time Division Multiple Access-)Empfänger beschrieben, bei welchem eine Korrektur des DC-Offsets sowohl im analogen als auch im digitalen Bereich des Empfängers unter Berücksichtigung von Betriebsparametern wie Verstärkung und Empfangsfrequenz vorgenommen wird. Die Meßzeit zur Ermittlung des DC-Offsets beträgt mindestens einen Zeitschlitz.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches die Empfangsqualität von homodynem Funkempfängern verbessert.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabenstellung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

5 Demnach basiert die Erfindung auf der Idee, den zeitlichen Verlauf einer stufenförmigen DC-Störung im Basisbandsignal eines Homodyn-Funkempfängers innerhalb eines Bursts zu ermitteln und aus dem Basisbandsignal herauszurechnen. Dadurch wird erreicht, dass die stufenförmige DC-Störung im Basisbandsignal erkannt und korrekt (das heisst als Stufenverlauf) bei der Kompensation berücksichtigt wird. Hierdurch wird eine verbesserte AM-Unterdrückung erreicht, was im folgenden noch näher erläutert wird.

35 Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung kennzeichnet sich dadurch, dass in einem ersten Schritt eine Zeitlage T_{st} ermittelt wird, bei welcher die stufenförmige DC-Störung innerhalb eines Bursts auftritt. In einem zweiten Schritt wird die

Höhe der stufenförmigen DC-Störung geschätzt. Unter Berücksichtigung der ermittelten Zeitlage T_{st} und der geschätzten Höhe der DC-Störung wird in einem dritten Schritt ein zeitlicher Verlauf der stufenförmigen DC-Störung berechnet. Die

5 Kompensation der stufenförmigen DC-Störung erfolgt in einem vierten Schritt durch Subtraktion des berechneten zeitlichen Verlaufs der DC-Störung von dem digitalen Basisbandsignal, wodurch das stufenkorrigierte Basisbandsignal erzeugt wird.

10 Durch die genannten Parameter (Zeitlage T_{st} und Höhe der stufenförmigen DC-Störung) kann eine vom Rechenaufwand vertretbare und ausreichend genaue Berücksichtigung der stufenförmigen Störung innerhalb eines Bursts bei der DC-Offset-Korrektur erzielt werden.

15

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kennzeichnet sich dadurch, dass die Schätzung der Höhe der stufenförmigen DC-Störung unter Berücksichtigung eines Schutzzeitintervalls um die ermittelte Zeitlage T_{st} der

20 DC-Störung herum erfolgt, wobei das Basisbandsignal innerhalb des Schutzzeitintervalls bei der Schätzung der Höhe der DC-Störung unberücksichtigt bleibt. Durch das Schutzzeitintervall wird erreicht, dass Ungenauigkeiten beziehungsweise Unsicherheiten bei der Festlegung von T_{st} keinen oder nur einen

25 geringfügigen Einfluß auf das Ergebnis der Stufenhöhen-schätzung haben, weil Signalwerte, von denen aufgrund der genannten Unsicherheit nicht ausgeschlossen werden kann, dass sie zum Flankenbereich der DC-Stufe gehören, generell unberücksichtigt bleiben.

30

Eine weitere vorteilhafte Maßnahme des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, das stufenkorrigierte Basisbandsignal iterativ zu erzeugen. Dadurch kann die Genauigkeit der Störungskompensation verbessert werden.

35

In diesem Fall kennzeichnet sich ein vorteilhafter Iterationsablauf dadurch, dass dieser die Schritte umfasst: Berech-

nen von zeitlichen Verläufen der stufenförmigen DC-Störung für mehrere Zeitlagen um Tst, Auswerten der auf diese Weise erhaltenen verschiedenen stufenkorrigierten Basisbandsignalversionen gemäß einem vorgegebenen Kriterium, und Auswahl einer der stufenkorrigierten Basisbandsignalversionen in Abhängigkeit von dem Auswerteergebnis.

Ferner können weitere Einflußgrößen bei der erfindungsgemäßen Kompensation der DC-Störung berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang kennzeichnet sich eine vorteilhafte Verfahrensvariante der Erfindung dadurch, dass in einem ersten Schritt die Position von Tst innerhalb des betrachteten Bursts ausgewertet wird, und in einem zweiten Schritt anhand des Auswerteergebnisses entschieden wird, ob und/oder gemäß welcher Rechenvorschrift die Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals durchgeführt wird. Auf diese Weise kann in Abhängigkeit von der ermittelten Zeitlage Tst zwischen unterschiedlichen Abläufen des Verfahrens umgeschaltet werden.

Beispielsweise können erste Zeitintervalle bestimmter Intervalllänge am Anfang und/oder am Ende des Bursts vorgegeben sein, und die Korrektur der stufenförmigen DC-Störung nur dann durchgeführt werden, wenn Tst außerhalb dieser ersten Zeitintervalle liegt. Durch diese Maßnahme wird sichergestellt, dass eine Korrektur der stufenförmigen DC-Störung dann nicht durchgeführt wird, wenn sie keinen besonderen Gewinn erwarten läßt, weil sich die DC-Stufe unmittelbar in der Nähe des Burst-Anfangs oder des Burst-Endes befindet.

Eine weitere Möglichkeit, die Position der DC-Stufe innerhalb eines Bursts bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu berücksichtigen, besteht darin, dass, sofern Tst innerhalb eines zweiten Zeitintervalls in dem Burst liegt, eine iterative Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals vorgenommen wird. Da die iterative Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals eine Verbesserung der Empfangsqualität von Datensymbolen im Bereich der Stufenflanke ermög-

licht, wird durch diese Maßnahme erreicht, dass auch "mitten in der Störung" liegende Signalanteile so gut wie möglich DC-Offset-stufenkompensiert werden.

- 5 Dies ist besonders dann von Vorteil, wenn die stufenförmige DC-Störung in eine Trainingssequenz des Bursts fällt. Für diesen Fall ist eine besonders genaue Kompensation der stufenförmigen DC-Störung erforderlich, weil die Trainingssequenz für die Kanalschätzung verwendet wird, deren Genauigkeit wiederum Einfluß auf die Qualität der Entzerrung der be-
- 10 nachbarten nachrichtentragenden Signalabschnitte des Bursts hat.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in

15 den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und Varianten derselben unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert; in dieser zeigt:

20

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Empfangssignalfads beim Heterodyn-Empfängerkonzept in Form eines Blockschaltbilds;

25

Fig. 2 ein Diagramm, in welchem eine stufenförmige DC-Störung als Spannungssignal über der Zeit dargestellt ist;

Fig. 3a eine schematische Darstellung einer Burst-Struktur;

30

Fig. 3b eine schematische Darstellung von zu einer stufenförmigen DC-Störung berechneten Stufensignalen innerhalb des Bursts der Fig. 3a sowie eine Darstellung von Abschnitten des Bursts, die für eine DC-Offset-Schätzung links und rechts von einem Triggerzeitpunkt herangezogen werden;

35

Fig. 4a einen berechneten zeitlichen Verlauf einer stufenförmigen DC-Störung unter Zugrundelegung eines Stufenmodells mit sprunghaftem Flankenanstieg;

5 Fig. 4b einen berechneten zeitlichen Verlauf einer stufenförmigen DC-Störung unter Zugrundelegung eines Stufenmodells mit rampenartigem Anstieg der Stufenflanke;

10 Fig. 5a eine Darstellung verschiedener zeitlicher Verläufe gemäß Fig. 4a bei einer iterativen Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals;

15 Fig. 5b eine Darstellung verschiedener zeitlicher Verläufe gemäß Fig. 4b bei einer iterativen Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals; und

Fig. 6 ein Ablaufdiagramm für die iterative DC-Stufen-Kompensation unter Zugrundelegung des Stufenmodells mit sprunghaftem Flankenanstieg nach Fig. 5a.

20

Fig. 1 dient der Erläuterung des Prinzips eines Heterodyn-Empfängers und zeigt anhand eines Blockdiagramms den Signalpfad desselben.

25

Der Empfänger weist eine Antenne ANT auf, über welche ein Funksignal empfangen und einem rauscharmen Verstärker LNA zugeleitet wird. Das Ausgangssignal des Verstärkers LNA wird einem Mischer MIX zugeführt, welcher ein direktes Heruntermischen des Empfangssignals in das Basisband sowie eine Aufspaltung des Empfangssignals in die I- und Q-Zweige vornimmt. Der Mischer MIX weist zu diesem Zweck zwei Mischstufen CO1 und CO2 auf, welche mit der Trägerfrequenz des Empfangssignals um 90° phasenverschoben zueinander angesteuert werden. Die Trägerfrequenz wird in dem Oszillator LO erzeugt und
30
35 von dem Phasenschieber PHS phasenverschoben.

Die beiden analogen Basisband-Ausgänge des Mischers MIX werden in Tiefpassfiltern LP1 bzw. LP2 spektral geformt und mittels Verstärkern A1 bzw. A2 verstärkt.

- 5 In den Signalwegen hinter den Verstärkern A1 und A2 sind optionale analoge DC-Offset-Korrekturstufen OC1 und OC2 dargestellt, welche jeweils eine Korrektur des Signal-DC-Offsets im analogen Bereich ausführen. Derartige DC-Offset-Korrekturstufen sind im Stand der Technik bekannt und verhindern
10 z.B. eine Übersteuerung der im Signalweg hinter diesen Stufen vorgesehenen Analog-Digital-Umsetzer ADC1 bzw. ADC2.

- Die Analog-Digital-Umsetzer ADC1, ADC2 digitalisieren die analogen I- und Q-Basisbandsignale, das heisst erzeugen die
15 entsprechenden digitalen Basisbandsignale.

- An die Analog-Digital-Umsetzer ADC1, ADC2 schließen sich baugleiche Korrekturstufen STC1 bzw. STC2 an, mittels welchen das erfindungsgemäße Verfahren realisiert wird. Das heisst,
20 dass diese Stufen in noch näher zu beschreibender Weise den zeitlichen Verlauf einer stufenförmigen DC-Störung innerhalb eines Bursts ermitteln und an ihrem Ausgang ein stufenkorrigiertes Basisbandsignal bereitstellen. Hierfür benötigen die Korrekturstufen STC1 bzw. STC2 Triggersignale TG, TG', welche
5 die Zeitlage einer DC-Störung im Burst angeben.

- Die stufenkorrigierten digitalen Basisbandsignale werden nach einer digitalen Filterung (nicht dargestellt) einem Entzerrer EQ zugeführt, welcher eine adaptive Entzerrung vornimmt. Bei
30 der adaptiven Entzerrung werden die durch den Mobilfunkkanal infolge Mehrwegeausbreitung eingebrachten Symbolinterferenzen unter Berücksichtigung der aktuellen Übertragungseigenschaften des Mobilfunkkanals beseitigt. In bekannter Weise geschieht dies dadurch, dass mittels eines Kanalschätzers zunächst eine
35 Messung der Übertragungseigenschaften des Mobilfunkkanals vorgenommen wird (sogenannte Kanalschätzung) und im folgenden unter Verwendung der bei der Kanalschätzung ermittelten

Kanalparameter (Impulsantwort des Mobilfunkkanals) eine adaptive Datendetektion durchgeführt wird.

Da das auszusendende Signal im Sender üblicherweise mittels
5 eines Kanalkodierers für die Übertragung über den Mobilfunk-
kanal aufbereitet wird (der Kanalkodierer fügt dem Nutzsignal
Redundanz hinzu), ist ein Kanaldekodierer DCO vorgesehen,
welcher mit Hilfe der Redundanzinformation eine Verringerung
der Übertragungsfehler bewirkt. Nach einer anschließenden
10 Quellendekodierung (nicht dargestellt) wird das digitale Sig-
nal mittels eines Digital-Analog-Umsetzers DAC in ein analo-
ges Signal gewandelt und einer Nachrichtensenke S (beispiels-
weise Lautsprecher) zugeführt.

15 Fig. 2 zeigt den zeitlichen Verlauf 1 einer im Basisbandsig-
nal auftretenden stufenförmigen DC-Störung, dargestellt als
analoges Spannungssignal V gegenüber der Zeit t . Charakteri-
stikum dieser Störung ist ein Verlauf 1, dessen DC-Offset zu-
nächst im wesentlichen konstant ist, sich dann signifikant
20 ändert und ab einem späteren Zeitpunkt wieder im wesentlichen
konstant bleibt. Eine solche Störung läßt sich in vereinfach-
ter Weise durch ein Stufensignal 2 mit mehr oder weniger
steiler Anstiegsflanke 2a annähern. Dieses Stufensignal 2
läßt sich durch die folgenden drei Parameter beschreiben:

• Δt_d : Anfangszeitpunkt der DC-Stufe bezogen auf eine Referenz-
zeit t_0

Δt_l : Zeitdauer des Stufenanstiegs

V_{dc} : Höhe der DC-Stufe

30 Charakteristisch für die hier betrachteten stufenförmigen DC-
Störungen 1 ist, dass Δt_l wesentlich kleiner als die Zeitdauer
 T_b eines Bursts ist. Ein solcher DC-Offset wird im folgen-
den auch als dynamischer DC-Offset bezeichnet. Die Referenz-
35 zeit t_0 ist stets der Anfangszeitpunkt des Bursts, in welchem
die stufenförmige DC-Störung 1 auftritt.

Bursts sind kurze Teilnehmersignale, deren Zeitdauer T_b üblicherweise geringer ist als die typische Zeitdauer, in der sich die Übertragungseigenschaften der Funkstrecke ändern.

- 5 Das Verwenden von Bursts ist Voraussetzung für den Einsatz einer TDMA-(Time Division Multiple Access-)Vielfachzugriffskomponente. In diesem Fall wird üblicherweise pro Zeitschlitz genau ein Burst übertragen. Z.B. wird ein GSM-(Global System for Mobile Communications)-Signal aus TDMA-Rahmen aufgebaut, 10 welche acht Zeitschlitze (Bursts) enthalten. Bursts können jedoch auch in einem Signal ohne TDMA-Komponente eingesetzt werden.

- Ein HF-Empfänger wird bezüglich des dynamischen DC-Offsets 15 durch den Parameter AM-Unterdrückung (AM_{sup}), angegeben in Dezibel (dB), charakterisiert. Bei einem nicht realisierbaren idealen HF-Empfänger ist die AM-Unterdrückung unendlich groß, das heisst die Höhe der am Ausgang von STC1 bzw. STC2 auftretenden DC-Stufe ist stets Null, unabhängig davon, wie hoch 20 der Pegel eines Störers in einem anderen Kanal ist. Bei einer endlichen AM-Unterdrückung entsteht dagegen eine DC-Stufe am Eingang des Entzerrers EQ mit einer Höhe $|V_{dc}| > 0$. Diese kann gemäß der folgenden Beziehung aus dem Eingangssignalpegel L_{sig} , dem Störsignalpegel $L_{interfer}$, dem Wert der AM-Unterdrückung AM_{sup} und der maximalen Signalamplitude V_{sig} 25 abgeleitet werden:

$$\frac{|V_{dc}|}{V_{sig}} = 10^{\frac{(L_{interfer} - L_{sig} - AM_{sup})}{20}}$$

- 30 Nach ETSI: "GSM recommendations 05.05 Version 8.5.0", Juli 2000, wird für GSM ein Test für die AM-Unterdrückung mit $L_{interfer} = -31$ dBm und dem maximal erlaubten Eingangssignalpegel $L_{sig_max} = -99$ dBm vorgeschrieben (-99 dBm entspricht einer Leistung, die -99 dB unter 1mW liegt). Für GPRS 35 (General Packet Radio Service) Kanäle sind unterschiedliche Werte für L_{sig_max} definiert. Z.B. ist für das Kodierschema

CS3RLC unter der Ausbreitungsbedingung RA250 der Wert $L_{sig_max} = -93$ dBm definiert. Die Tabelle 1 gibt die relativen DC-Stufenwerte V_{dc}/V_{sig} für "klassische" GSM Kanäle und für das GPRS-Kodierschema CS3RLC im Fall der Ausbreitungsbedingung RA250 wieder.

Tab. 1

AM-Unterdrückung [dB]	Vdc/Vsig [%]	
	GSM (klassisch)	CS3RLC RA250
74	50,1	25,1
78	31,6	15,8
82	20,0	10,0
86	12,6	6,3
90	8,0	4,0
94	5,0	2,5

Die Figuren 3a und 3b verdeutlichen das erfindungsgemäße Verfahren zur Kompensation einer stufenförmigen DC-Störung.

In Fig. 3a ist eine mögliche Datenstruktur eines Bursts 3 dargestellt. Der hier betrachtete GSM-Burst 3 weist einen ersten nachrichtentragenden Teil N1, eine als Mittambel realisierte Trainingssequenz TR und einen zweiten nachrichtentragenden Teil N2 auf. Bei GSM umfassen die Burst-Teile N1 und N2 jeweils 57 Datensymbole (Bits) und die Trainingssequenz TR ist 26 Datensymbole lang.

In Fig. 3b wird erläutert, wie das Stufensignal 2 einer stufenförmigen DC-Störung 1 in den Korrekturstufen STC1 bzw. STC2 ermittelt bzw. rekonstruiert wird. Das Stufensignal 2 ist zunächst unbekannt. Der HF-Empfänger detektiert eine Veränderung des Gleichanteils in den Basisbandsignalen des I- und Q-Zweigs und erzeugt daraufhin zum Zeitpunkt T_{st} , gerechnet vom Burst-Anfang t_0 , ein Triggersignal TG. Die Erzeugung dieses Triggersignals TG kann grundsätzlich sowohl im analogen als auch im digitalen Signalverarbeitungsabschnitt erfolgen.

Aufgrund von Ungenauigkeiten des Triggerzeitpunkts T_{st} muss dieses die zeitliche Lage der DC-Stufe 2a nicht notwendigerweise exakt wiedergeben. Z.B. kann der Triggerzeitpunkt T_{st} , wie in Fig. 3b dargestellt, bereits am Beginn des Flankenanstiegs der tatsächlichen DC-Stufe 2a im Basisband liegen. Ein optimaler Triggerzeitpunkt T_{st} , welcher exakt bei halber Stufenhöhe der DC-Stufe 2a auftritt, ist in Fig. 3b mit T_{st_opt} dargestellt.

Nach Auftreten eines Triggersignals TG zum Zeitpunkt T_{st} wird die Höhe V_{dc} der DC-Stufe 2a folgendermaßen geschätzt. Es werden zwei Schutzzeitintervalle $SI1$ und $SI2$ von jeweils N Datensymbolen vor und nach dem Triggerzeitpunkt T_{st} definiert, und die entsprechenden Signalanteile werden für die Schätzung der Stufenhöhe V_{dc} nicht berücksichtigt. Die Anzahl N ist abhängig von der zeitlichen Unsicherheit des Triggersignals TG. Je größer diese ist, desto größer muss auch N gewählt werden. Die Schutzzeitintervalle $SI1$, $SI2$ können auch eine unterschiedliche Länge aufweisen.

Anschließend wird eine erste Signalauswertung vom Burst-Anfang t_0 bis zum Anfang des ersten Schutzzeitintervalls $SI1$ (d.h. im schraffierten Abschnitt A des Bursts 3, siehe den unteren Teil der Fig. 3b), durchgeführt und ein Schätzwert $dc1$ für den DC-Offset links von dem Triggerzeitpunkt T_{st} ermittelt. Es wird eine zweite Signalauswertung beginnend mit dem Ende des zweiten Schutzzeitintervalls $SI2$ bis zum Ende des Bursts 3 (schraffierter Abschnitt B) vorgenommen, und ein Schätzwert $dc2$ für den DC-Offset rechts von dem Triggerzeitpunkt T_{st} ermittelt. Die Differenz $dc2-dc1$ dieser beiden DC-Offset-Werte ist die geschätzte Stufenhöhe V_{dc} .

Für die Berechnung der DC-Offset-Werte $dc1$, $dc2$ der Burst-Teilabschnitte A und B können verschiedene Verfahren eingesetzt werden, z.B. eine Mittelwertbildung oder die Einpassung der I- und Q-Signalwerte in einen Kreis.

Zur Berechnung des Stufensignals 2 der stufenförmigen DC-Störung 1 wird ferner eine Größe benötigt, welche Auskunft über die Steilheit der Stufenflanke 2a gibt.

5

Die einfachste Möglichkeit besteht darin, die Steilheit der Stufenflanke 2a durch eine Stufenmodell über einen Parameter n vorzugeben. Im Stufenmodell erstreckt sich der Anstieg der Stufenflanke über einen Zeitraum von $2nT$, wobei T die Symbolzeitdauer bezeichnet. $n = 0$ entspricht einem sprunghaften Stufenanstieg, größere Werte von n entsprechen einem flacheren Anstieg der DC-Stufe 2a.

10

Mit diesen Werten für T_{st} , dc_2 , dc_1 und n wird der zeitliche Verlauf der stufenförmigen DC-Störung 1 berechnet. Dieser ist für den Triggerzeitpunkt T_{st} und $n \neq 0$ (rampenförmiges Stufenmodell) durch die Linie 2', für den Triggerzeitpunkt T_{st} und $n = 0$ (Stufenmodell mit sprunghaftem Flankenanstieg) durch die Linie 2'' und für den "richtigen" Triggerzeitpunkt T_{st_opt} durch die fett eingezeichnete Linie 2 dargestellt (sofern $dc_2 - dc_1 = V_{dc}$ richtig ermittelt wurde). Die Linien 2, 2' und 2'' fallen in der Darstellung in Fig. 3b außerhalb der Stufenflanke 2a zusammen.

20

Es wird deutlich, dass aufgrund der Schutzzeitintervalle SI_1 , SI_2 die Stufenhöhe $dc_2 - dc_1$ unabhängig von dem genauen Triggerzeitpunkt ermittelt wird. Fehler bei der Auslösung des Triggerzeitpunkts T_{st} gegenüber T_{st_opt} bewirken lediglich eine Verschiebung des berechneten zeitlichen Verlaufs 2' bzw. 2'' der rekonstruierten DC-Störung relativ zu der DC-Stufe 2 entlang der Zeitachse t .

30

Die Figuren 4a und 4b zeigen den geschätzten zeitlichen Verlauf der stufenförmigen DC-Störung 1 für unterschiedliche Stufenmodelle. In Fig. 4a wird das Stufenmodell mit sprunghaftem Stufenanstieg ($n = 0$) vorausgesetzt. Ein rampenartiges Stufenmodell mit $n = 2$, bei welchem sich die Stufenflanke

35

über fünf Datensymbole (vier Symbolzeitdauern) erstreckt, ist in Fig. 4b dargestellt. Bei beiden Darstellungen sind die für jedes Datensymbol berechneten DC-Offset-Werte als Punkte dargestellt, durch welche gerade Linien hindurchgelegt sind. Im Fall der Fig. 4a liegt der Triggerzeitpunkt T_{st} stets in der senkrechten Stufenanstiegsflanke, in Fig. 4b wird der rampenartige Stufenanstieg in der Weise berechnet, dass die Flanke der DC-Stufe zum Triggerzeitpunkt T_{st} ihre halbe Höhe aufweist. Die DC-Offset-Werte $dc_{st}(i)$ innerhalb der Stufenflanke berechnen sich somit nach der Beziehung:

$$dc_{st}(i) = dc_1 + i * (dc_2 - dc_1) / 2n \quad \text{mit } i = 0, \dots, 2n$$

Zur Kompensation der stufenförmigen DC-Störung 1 in dem digitalen Basisbandsignal werden in einem letzten Schritt die gemäß der vorstehenden Beschreibung berechneten DC-Offset-Werte über den gesamten Burst 3 von dem digitalen Basisbandsignal subtrahiert. Die Subtraktion wird für jeden einzelnen Burst in den Korrekturstufen STC1 bzw. STC2 vorgenommen.

Zur Erhöhung der Genauigkeit des Triggerzeitpunkts T_{st} kann das stufenkorrigierte Basisbandsignal iterativ berechnet werden. Dies wird anhand der Fig. 5a für das Stufenmodell mit sprunghaftem Anstieg und anhand der Fig. 5b für das Stufenmodell mit rampenartigem Stufenanstieg erläutert. Bei der iterativen Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals wird zunächst in der bereits beschriebenen Weise der DC-Stufenverlauf S_0 zu dem ermittelten Triggerzeitpunkt T_{st} berechnet. Sodann werden weitere DC-Stufenverläufe S_{-2} , S_{-1} , S_1 und S_2 zu Triggerzeitpunkten $T_{st}-2T$, $T_{st}-T$, $T_{st}+T$ und $T_{st}+2T$ links und rechts von T_{st} in derselben Weise berechnet. Die entsprechenden Stufenverläufe sind in den Figuren 5a und 5b für die beiden Stufenmodelle gezeigt.

Anschließend wird das digitale Basisbandsignal mit jedem der Stufenverläufe S_{-2} , S_{-1} , S_0 , S_1 und S_2 korrigiert.

In einem folgenden Schritt findet eine Bewertung der auf diese Weise erhaltenen mehreren stufenkorrigierten digitalen Basisbandsignale statt. Die Bewertung erfolgt allgemein in der Weise, dass dasjenige stufenkorrigierte Basisbandsignal ausgewählt und für die weitere Signalverarbeitung herangezogen wird, welches hinter dem Entzerrer EQ die beste Signalqualität aufweist.

Liegt die Stufenflanke im Bereich der Trainingssequenz TR des Datenbursts, besteht eine einfache Möglichkeit zur Ermittlung dieses am besten korrigierten Basisbandsignals darin, die Datenwerte der stufenkorrigierten Basisbandsignale jeweils mit den Datenwerten der bekannten Trainingssequenz TR zu korrelieren. Dasjenige stufenkompensierte Datensignal mit dem besten Korrelationsergebnis wird dann für die weitere Signalverarbeitung verwendet.

Aus den Figuren 5a und 5b wird deutlich, dass für die Berechnung der verschiedenen DC-Stufenverläufe nur wenige Datenwerte im Bereich der Stufenflanke neu berechnet werden müssen. Demzufolge erfordert auch die Berechnung der verschiedenen stufenkorrigierten Basisbandsignale nur einen verhältnismäßig geringen Rechenaufwand.

Eine weitere vorteilhafte Maßnahme der Erfindung besteht darin, die DC-Stufenkorrektur nicht zwingend sondern nur dann durchzuführen, wenn der Triggerzeitpunkt Tst ausreichend weit von den Burst-Grenzen entfernt liegt. Zu diesem Zweck werden am Anfang und am Ende des Bursts liegende erste Zeitintervalle (nicht dargestellt) definiert. Sofern der Triggerzeitpunkt Tst innerhalb eines dieser ersten Zeitintervalle fällt, wird keine DC-Stufenkorrektur in der beschriebenen Weise durchgeführt, sondern der DC-Offset wird wie üblich für den gesamten Burst als konstant behandelt und korrigiert. Dieser konstante DC-Offset wird z.B. anhand von Datensymbolen, die im mittleren Bereich des Bursts liegen, ermittelt und durch Subtraktion aus dem digitalen Basisbandsignal entfernt.

Als zweites Zeitintervall wird im folgenden dasjenige Zeitintervall bezeichnet, in welchem die Trainingssequenz TR in dem Burst 3 liegt. Die beiden vorstehend erläuterten Maßnahmen
5 (iterative Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals und DC-Stufenkompensation in Abhängigkeit von der Position von Tst) lassen sich dann in folgender Weise vorteilhaft kombinieren:

10 - Tst liegt in einem der ersten Intervalle:

Es wird keine DC-Stufenkompensation, sondern gegebenenfalls lediglich die Kompensation eines konstanten DC-Offsets durchgeführt;

15 - Tst liegt in dem zweiten Zeitintervall:

Da die Trainingssequenz TR zur Schätzung der Impulsantwort des Mobilfunkkanals benötigt wird, ist in diesem Fall eine DC-Stufenkompensation mit besonders hoher Zeitgenauigkeit erforderlich. Daher wird die iterative DC-Stufenkompensation
20 eingesetzt.

- Tst liegt weder in ersten noch in zweiten Zeitintervallen:

Es wird die beschriebene "normale" DC-Stufenkompensation nach einem der genannten Stufenmodelle durchgeführt.

Ein detailliertes Ablaufdiagramm für die iterative Berechnung eines stufenkompensierten digitalen Basisbandsignals ist in Fig. 6 gezeigt.

30 In einem ersten Schritt wird der DC-Offset in den Burstabschnitten A und B (das heisst unter Berücksichtigung des Schutzzeitintervalls) getrennt geschätzt.

In einem nächsten Schritt wird eine Initialisierung vorgenommen. Mit amtrg wird die diskrete Zeit, gemessen, in Einheiten
35 der Symbolzeitdauer T, bezeichnet. Die Größe amtrg_st entspricht T_{st}/T und gibt die Nummer des Datensymbols an, zu

welchem das Triggersignal auftritt. Folgende Initialisierungen werden gewählt:

```
amtrg = amtrg_st - 2  
5  xstore_len = 4  
   maxcorr_tmp = 0  
   xscore_start = amtrg  
   pos_tmp = 0
```

10 Dabei bezeichnen `xstore_len` die Länge $2N$ der beiden Schutzzeitintervalle, `maxcorr_tmp` bezeichnet einen temporären Korrelationswert, `xstore_start` bezeichnet einen diskreten Startzeitpunkt für die Abspeicherung von Datensymbolen und `pos_tmp` bezeichnet eine temporäre Positionsvariable.

15

In einem nächsten Schritt wird geprüft, ob die erste Iteration durchzuführen ist. Ist dies der Fall, wird eine Stufenkorrektur des digitalen Basisbandsignals für alle Abtastwerte x_k unter Verwendung des Stufenmodells mit sprunghaftem Stufenanstieg vorgenommen.

20

In einem nächsten Schritt wird eine Derotation der stufenkorrigierten Abtastwerte unter Verwendung eines Derotationswinkels α_0 vorgenommen. Der Derotationswinkel α_0 ist von dem verwendeten Modulationstyp abhängig.

25

Die derotierten stufenkorrigierten Abtastwerte werden anschließend mit der gesamten Trainingssequenz `TR` korreliert. Das Suchfenster beträgt 16 Abtastwerte. Als Korrelationsergebnis wird ein Wert `maxcorr` erhalten.

30

In einem nächsten Schritt werden die stufenkorrigierten und derotierten Abtastwerte gespeichert. Ferner wird `amtrg` inkrementiert.

35

Anschließend wird die Bedingung `maxcorr > maxcorr_tmp` überprüft.

Sofern diese Bedingung erfüllt ist, werden die Werte für maxcorr_tmp und pos_tmp aktualisiert und die mittleren xstore_len Abtastwerte, beginnend bei xstore_start, werden abgespeichert. Sofern die obige Bedingung nicht erfüllt ist, wird
 5 dieser Schritt übersprungen.

In einem nächsten Schritt wird überprüft, ob bereits die letzte Iteration vorliegt. Da dies bei der ersten Iteration
 10 noch nicht der Fall ist, geht das Verfahren wieder zu dem bereits erwähnten Bedingungsschritt über, in welchem geprüft wird, ob die erste Iteration ansteht.

Dies ist nicht der Fall. Das Verfahren nimmt daraufhin in einem nächsten Schritt eine DC-Offset-Korrektur der Abtastwerte x_k zu der diskreten Zeit amtrg-1 vor. Die hierfür verwendete Gleichung lautet:

$$x_k[\text{amtrg}-1] = x_{k-1}[\text{amtrg}-1] + (\text{dc2}-\text{dc1}) * \exp(-j(\text{amtrg}-1) * \alpha_0)$$

20

Dabei bezeichnet j die imaginäre Einheit.

Die Korrelation der auf diese Weise berechneten stufenkorrigierten und derotierten Abtastwerte mit der gesamten Trainingssequenz TR findet im nächsten Schritt statt. Für das Suchfenster werden vier Abtastwerte an den Positionen pos_tmp-1, pos_tmp, pos_tmp+1 und pos_tmp+2 benötigt.

Nach der Korrelation werden die stufenkorrigierten und derotierten Abtastwerte in dem bereits bei der ersten Iteration beschriebenen Schritt gespeichert und ein Vergleich des aktuellen Korrelationsergebnisses mit dem bisherigen Korrelationsergebnis durchgeführt. Je nach Ausgang dieses Vergleichs wird dann der bereits bei der ersten Iteration beschriebene
 30 Speicherschritt durchgeführt.
 35

Die Iterationsschleife wird solange durchlaufen, bis die letzte Iteration erreicht ist. In diesem Fall werden die mittleren `xstore_len` Abtastwerte, beginnend bei `xstore_start`, aktualisiert. Ferner werden auch die Werte für `maxcorr` und
 5 `pos` aktualisiert.

Das anhand Fig. 6 erläuterte Ausführungsbeispiel zur iterativen Erzeugung eines stufenkorrigierten Basisbandsignals unter Zugrundelegung des Stufenmodells mit sprunghaftem Stufenanstieg kann in analoger Weise auf das Stufenmodell mit rampenartiger Stufenflanke übertragen werden. Die wesentlichen Unterschiede bestehen darin, dass im Initialisierungsschritt eine weitere Größe $ddc = (dc2 - dc1)/4$ zu definieren und `xstore_len` = 7 und `xstore_start` = `amtrg-1` gesetzt werden. Die Berechnungsvorschrift für die derotierten DC-Offset-Korrekturwerte in der Schleife lautet dann für $i = amtrg-2, \dots, amtrg+1$
 10
 15

$$x_k[i] = x_{k-1}[i] + ddc * \exp(-j * i * \alpha_0)$$

20

Das beschriebene Verfahren wurde mit dem COSSAP bittrue-Modell für unterschiedliche Werte der AM-Unterdrückung `AM_sup` untersucht. Simuliert wurden die logischen Kanäle GSM TCHHS, GSM SCH und GPRS CS3RLC. Die folgenden Simulationsbedingungen wurden eingestellt:
 5

Umgebung: ländliches Gebiet (RA: rural area)

Geschwindigkeit: 250km/h

Anzahl der Rahmen: 10000

30 Eingangssignalpegel: -99dBm (TCHHS/SCH) bzw. -93dBm (CS3RLC)

Störpegel: -31dBm

Δt_d : 73T (d.h. 73 Symbole)

Δt_l : 4,5T (d.h. 4,5 Symbole)

N: 5T (d.h. 5 Symbole)

35 Fehler von Tst: -2T (d.h. -2 Symbole)

Es zeigte sich, dass bei kleiner AM-Unterdrückung (das heisst großer DC-Stufe) ein Gewinn von mehr als 3 dB (bei $AM_{sup} = 78$ dB) erreicht werden kann. Bei sehr kleiner AM-Unterdrückung ($AM_{sup} = 74$ dB) konnte nur bei Vornahme der erfindungsgemäßen DC-Stufenkompensation eine Konvergenz bei der Simulation erreicht werden. Bei sehr hoher AM-Unterdrückung (d.h. sehr kleiner DC-Stufenstörung) führt die DC-Stufenkompensation aufgrund einer ungenauen DC-Schätzung zu einem etwas schlechteren Ergebnis als die DC-Kompensation ohne Berücksichtigung der Stufe.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation einer stufenförmigen DC-Störung in einem digitalen Basisbandsignal eines Homodyn-Funkempfängers,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der zeitliche Verlauf der stufenförmigen DC-Störung (1) innerhalb eines Bursts (3) ermittelt und zur Erzeugung eines stufenkorrigierten Basisbandsignals aus dem digitalen Basisbandsignal herausgerechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

g e k e n n z e i c h n e t durch die Schritte:

a) Ermitteln einer Zeitlage Tst, bei welcher die stufenförmige DC-Störung (1) innerhalb des Bursts (3) auftritt;

b) Schätzen der Höhe der stufenförmigen DC-Störung (1) durch getrenntes Auswerten des Basisbandsignals zeitlich vor und hinter Tst;

c) Berechnen eines zeitlichen Verlaufs der stufenförmigen DC-Störung (1) unter Berücksichtigung der ermittelten Zeitlage Tst und der geschätzten Höhe der stufenförmigen DC-Störung (1); und

d) Subtraktion des berechneten zeitlichen Verlaufs der stufenförmigen DC-Störung von dem digitalen Basisbandsignal zur Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- dass die Schätzung der Höhe (Vdc) der stufenförmigen DC-Störung (1) unter Berücksichtigung eines Schutzzeitintervalls (ST1, ST2) um die ermittelte Zeitlage Tst herum erfolgt, wobei das Basisbandsignal innerhalb des Schutzzeitintervalls (ST1, ST2) bei der Schätzung der Höhe der DC-Störung (1) unberücksichtigt bleibt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- dass der Berechnung des zeitlichen Verlaufs der stufenförmigen DC-Störung (1) ein erstes Stufenmodell zugrunde gelegt wird, bei welchem bei einem bestimmten Datensymbol des digitalen Basisbandsignals ein sprunghafter Anstieg der Stufenflanke erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- dass der Berechnung des zeitlichen Verlaufs der stufenförmigen DC-Störung (1) ein zweites Stufenmodell zugrunde gelegt wird, bei welchem ein rampenartiger Anstieg der Stufenflanke über eine Zeitdauer von mehreren Datensymbolen des digitalen Basisbandsignals erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- dass das stufenkorrigierte Basisbandsignal iterativ erzeugt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- dass die Iteration die Schritte umfasst:
 - Berechnen von zeitlichen Verläufen (S_{-2} , S_{-1} , S_0 , S_1 , S_2) der stufenförmigen DC-Störung (1) für mehrere Zeitlagen um T_{st} ;
 - Auswerten der auf diese Weise erhaltenen verschiedenen stufenkorrigierten Basisbandsignalversionen gemäß einem vorgegebenen Kriterium; und
 - Auswahl einer der stufenkorrigierten Basisbandsignalversionen in Abhängigkeit von dem Auswerteergebnis.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

g e k e n n z e i c h n e t durch die weiteren Schritte:

- Auswerten der Position von T_{st} innerhalb des betrachteten Bursts,

- Entscheiden, ob und/oder gemäß welcher Rechenvorschrift die Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals durchgeführt wird.

5 9. Verfahren nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- dass erste Zeitintervalle bestimmter Intervalllänge am Anfang und/oder am Ende des Bursts vorgegeben sind, und
 - dass nur dann, wenn Tst außerhalb dieser ersten Zeitintervalle liegt, die Korrektur der stufenförmigen DC-Störung
- 10 (1) durchgeführt wird und sonst unterbleibt.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- 15 - dass, sofern Tst innerhalb eines zweiten Zeitintervalls in dem Burst liegt, eine iterative Erzeugung des stufenkorrigierten Basisbandsignals vorgenommen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 7 und 10,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- dass es sich bei dem zweiten Zeitintervall um das Zeitintervall handelt, in welchem die Trainingssequenz (TR) liegt,
 - dass die verschiedenen stufenkorrigierten Basisbandsignalversionen mit der im Empfänger bekannten Trainingssequenz
- 25 korreliert werden, und
- dass diejenige stufenkorrigierte Basisbandsignalversion mit dem besten Korrelationsergebnis als stufenkorrigiertes Basisbandsignal ausgewählt wird.

Zusammenfassung

Verfahren zur Kompensation einer stufenförmigen DC-Störung in einem digitalen Basisbandsignal eines Homodyn-Funkempfängers

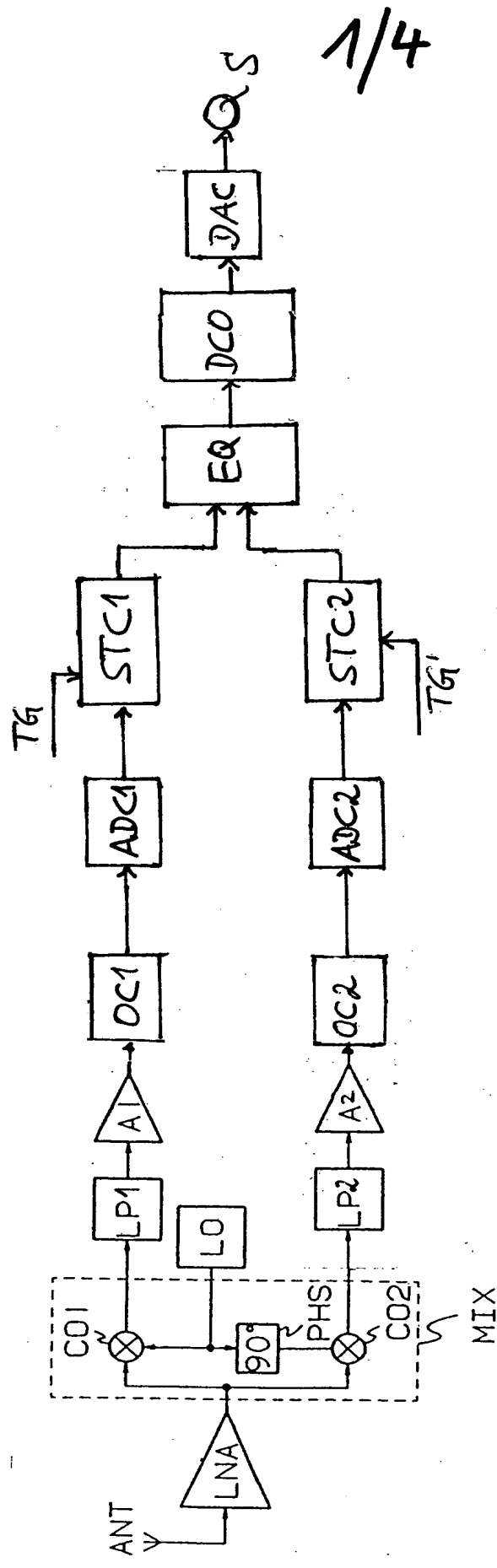
5

Bei einem Verfahren zur Kompensation einer stufenförmigen DC-Störung (1) in einem Basisbandsignal eines Homodyn-Funkempfängers wird der zeitliche Verlauf der stufenförmigen DC-Störung innerhalb eines Bursts ermittelt. Zur Erzeugung eines stufenkorrigierten Basisbandsignals wird der ermittelte zeitliche Verlauf (2) dann aus dem digitalisierten Basisbandsignal herausgerechnet.

10

(Fig. 2)

15



1/4

fig. 1

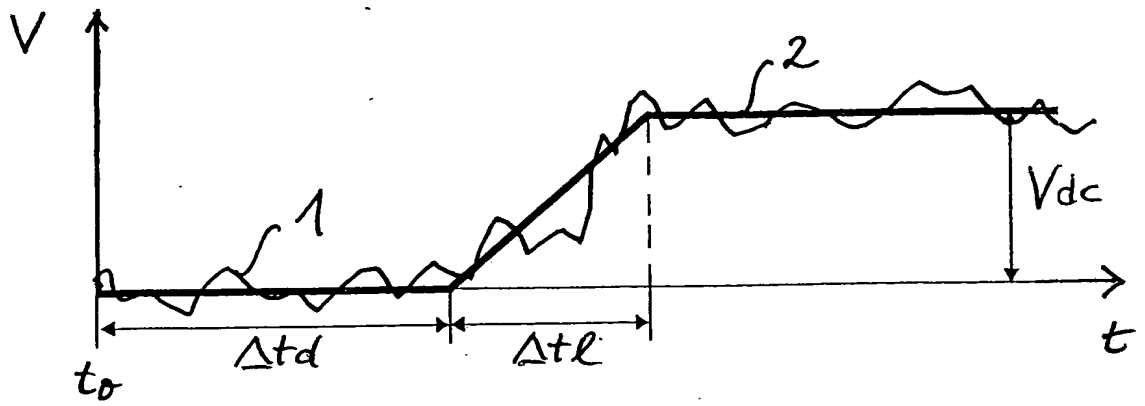


Fig. 2

Fig. 3a

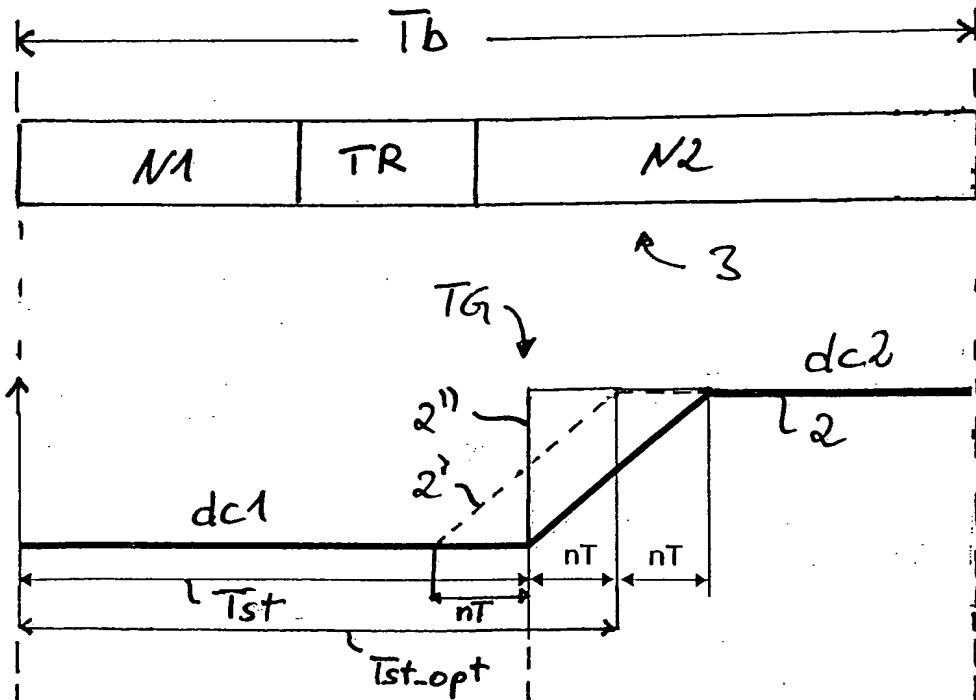
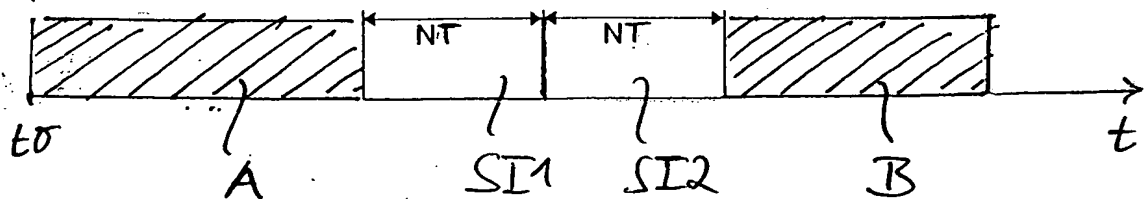


Fig. 3b



3/4

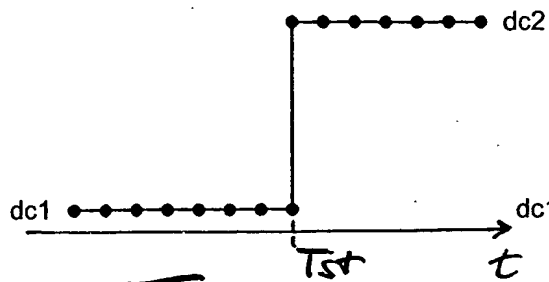


Fig. 4a

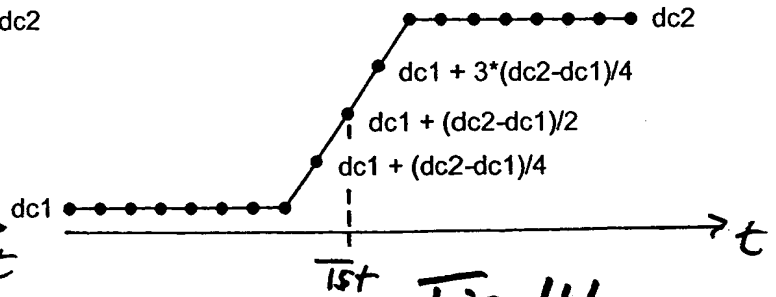


Fig. 4b

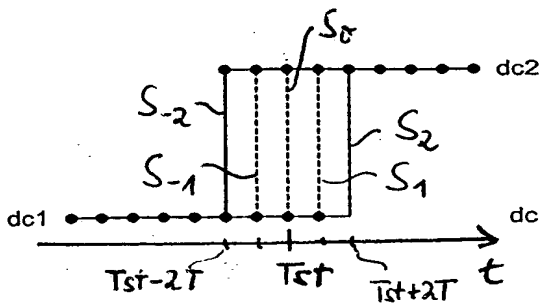


Fig. 5a

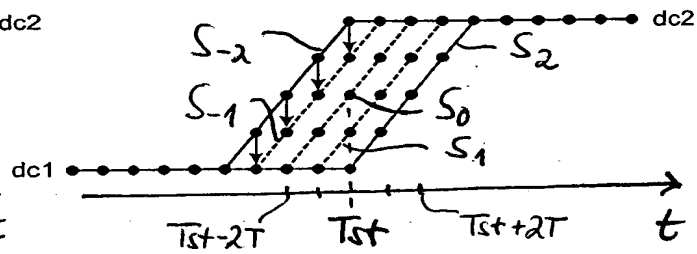


Fig. 5b

4/4

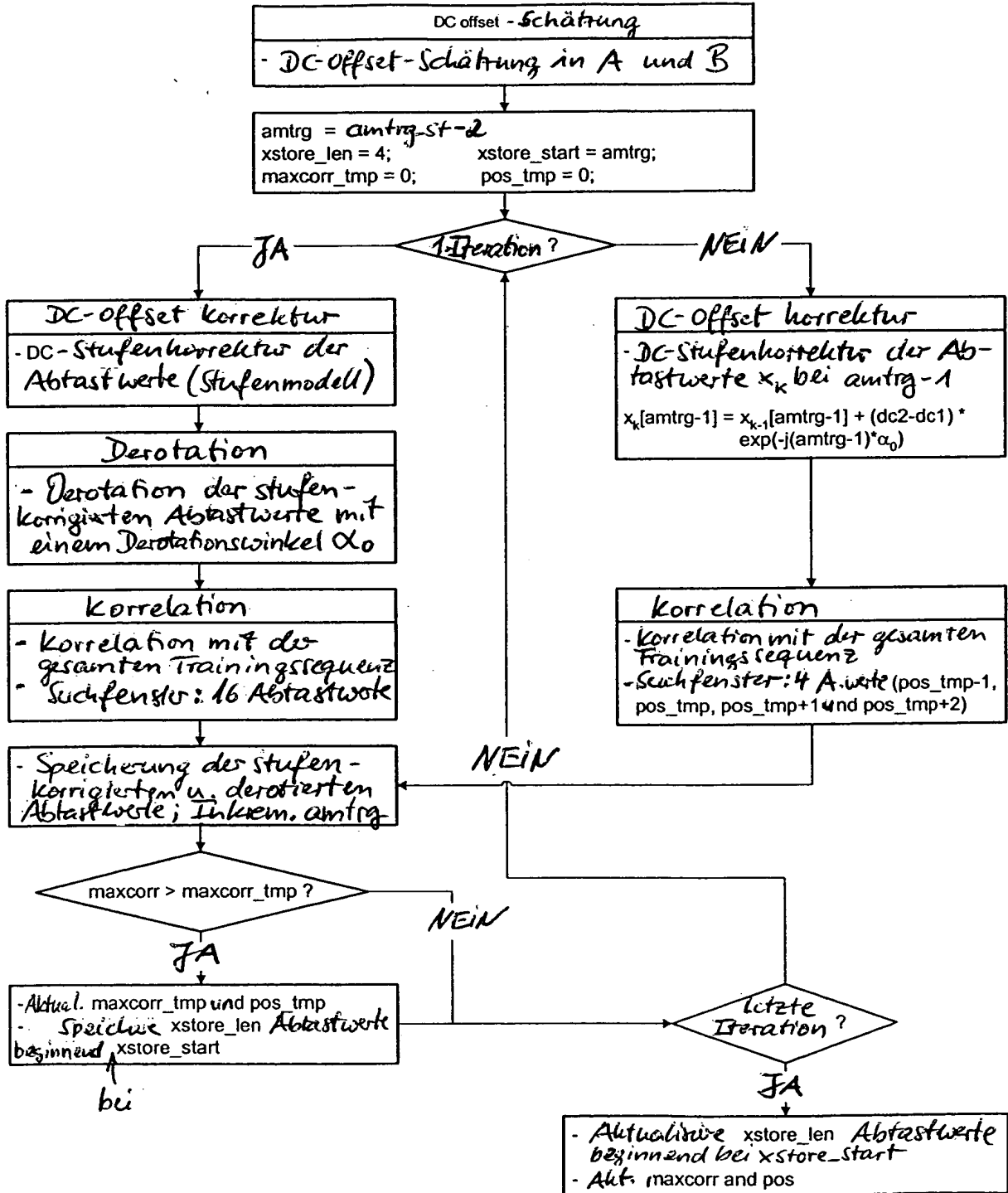


Fig. 6